

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-257797  
(P2003-257797A)

(43) 公開日 平成15年9月12日 (2003.9.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 G 9/058

識別記号

F I  
H 0 1 G 9/00

テーマコード\* (参考)

3 0 1 A

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-51507(P2002-51507)

(22) 出願日 平成14年2月27日 (2002.2.27)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝  
東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 岡本 徹志

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地  
株式会社東芝京浜事業所内

(72) 発明者 松永 健太郎

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地  
株式会社東芝京浜事業所内

(74) 代理人 100071135

弁理士 佐藤 強

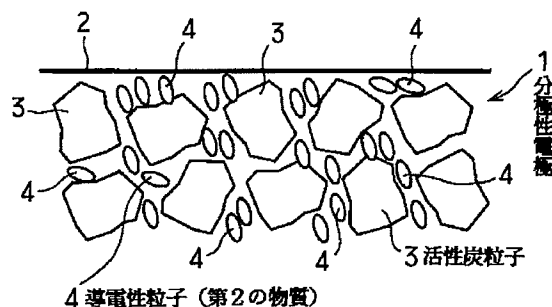
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気二重層キャパシタ

(57) 【要約】

【課題】 内部抵抗の十分な低減を図る。

【解決手段】 電気二重層キャパシタは、活性炭を主成分とした正負一對の分極性電極1を、それらの間にセパレータを挟むと共に、外側を夫々アルミ集電極2により担持させた状態で、積層（もしくは巻回）し、プロピレンカーボネートを溶媒とした電解液を含浸させた状態で、金属等のケースに収納した構造とされている。分極性電極1は、活性炭粒子3を主成分とし、この活性炭粒子3を、導電性が活性炭より高く且つ大きさが活性炭粒子3よりも小さい第2の物質、例えばナノサイズのカーボンブラック4により、ネットワーク状に接続した固体構造を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも一対の分極性電極を備えた電気二重層キャパシタにおいて、

前記分極性電極は、主成分である活性炭粒子を、導電性が活性炭より高く且つ大きさが前記活性炭粒子よりも小さい第 2 の物質でネットワーク状に接続した固体構造を有することを特徴とする電気二重層キャパシタ。

【請求項 2】 第 2 の物質は、活性炭粒子の粒径の 0.15 倍以下の粒径の導電性粒子であることを特徴とする請求項 1 記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項 3】 第 2 の物質は、活性炭粒子の粒径の 0.15 倍以下の外径を有するカーボンナノチューブであることを特徴とする請求項 1 記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項 4】 第 2 の物質は、活性炭粒子の粒径の 0.15 倍以下の太さで且つ分極性電極の層の厚みと同等以上の長さを有する導電性繊維であることを特徴とする請求項 1 記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項 5】 活性炭粒子の表面は、該活性炭粒子よりも導電性の高い物質でコーティングされていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項 6】 分極性電極はアルミ集電極に担持されており、そのアルミ集電極の担持面が粗面化処理されていることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項 7】 少なくとも一対の分極性電極を備えた電気二重層キャパシタにおいて、前記分極性電極は、多孔質の板状活性炭を主体として構成されていることを特徴とする電気二重層キャパシタ。

【請求項 8】 多孔質の板状活性炭は、高分子膜を高分子部分溶解法により多孔質化し、その後炭化賦活して得られることを特徴とする請求項 7 記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項 9】 多孔質の板状活性炭は、2 種類の高分子材料を攪拌シマイクロ層分離した後、片方の樹脂を去除することにより多孔質化し、しかる後に炭化賦活して得られることを特徴とする請求項 7 記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項 10】 多孔質の板状活性炭は、ブロック共重合体を用いて海島構造を形成し、その後片方の樹脂を去除することにより多孔質化し、しかる後に炭化賦活して得られることを特徴とする請求項 7 記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項 11】 多孔質の板状活性炭には、接続用のリード部が一体に形成されていることを特徴とする請求項 7 ないし 10 のいずれかに記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項 12】 分極性電極は、導電性接着剤を用いて接着されることによりアルミ集電極に担持されているこ

とを特徴とする請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の電気二重層キャパシタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、分極性電極として活性炭を用いる電気二重層キャパシタに関するものである。

## 【0002】

【発明が解決しようとする課題】この種の電気二重層キャパシタ（「EDLC」と略される）は、一般に、一対の分極性電極間にセパレータを介在させたものを、積層もしくは巻回し、電解液を含浸させた状態で、ケースに収納した構造とされている。この場合、従来では、前記分極性電極は、例えば賦活した活性炭及びカーボンブラックを主成分とし、それらにバインダーとなる添加剤（樹脂）等を添加して混合した材料をアルミ集電極上に薄くシート状に形成して構成されていた。

【0003】ところで、このような EDLC においては、分極性電極の構造等により、ある程度の大きさの内部抵抗があり、用途などによってはこの内部抵抗が問題となる場合がある。そこで、例えば、特許第 2830253 号公報に示されるような、活性炭にメソカーボン等を混合して電極体に焼結せしめた構造、また特許第 2604547 号公報に示されるような、大きな粒径の活性炭粒子とその 25% 以下の小さな粒径の活性炭粒子とを混合した構成、さらには特許第 3132181 号公報に示されるような、活性炭やカーボンブラックの粒径と同等以下の導電材料とを組合せた構成等のように、分極性電極の抵抗を低減する各種の工夫がなされている。

【0004】しかしながら、分極性電極の抵抗を低減するための上記のような工夫では、内部抵抗がせいぜい 20 mΩ 程度に下がるに過ぎず、特に高速で電力制御を行うような用途では、制御する電流による抵抗損失がかなりの量になり、温度上昇、劣化等の原因となっていた。このため、EDLC セルの開発において、応用機器の小形化や高効率化の妨げとなっていた。

【0005】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、その目的は、内部抵抗の十分な低減を図ることができ、大電力の高速充放電に適した電気二重層キャパシタを提供するにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】活性炭粒子を樹脂中に分散した複合材料の電気抵抗は、活性炭の体積比率（充填量）に応じて変化するが、その関係は、図 2 に示すように、ある体積比率を越えると電気抵抗が急激に低下し（領域 B）、更に活性炭粒子の充填量が大きくなると緩やかに低下するようになる（領域 C）。この電気抵抗が緩やかに低下する領域においては、複合材料中で、活性炭の無限クラスターが形成され、ネットワーク（パーコレーションパス）ができるようになると考えられる。こ

## 3

の領域Cは、活性炭が形成するパスの数によって電気抵抗が変化する領域である。

【0007】従って、活性炭粒子を主成分とした分極性電極にあって、電気抵抗を下げるにはパスの数を増やすことが重要となる。ところが、活性炭粒子はどうしてもある程度の大きさの粒径を有し、活性炭粒子間の隙間に樹脂（バインダー）あるいは電解液といった導電性の低い物質が存在するため、体積中の活性炭粒子の充填量を多くしても、活性炭粒子相互間（並びに活性炭と集電極との間）の隙間が比較的大きくなり、パスは比較的数の少ない活性炭同士の点接触部分を通らざるを得なくなり、十分な内部抵抗の低減を図ることができない事情がある。

【0008】そこで、本発明の請求項1の電気二重層キャパシタは、分極性電極の固体構造として、主成分である活性炭粒子を、導電性が活性炭より高く且つ大きさが活性炭粒子よりも小さい第2の物質でネットワーク状に接続した構造としたところに特徴を有する。これによれば、活性炭粒子相互間（並びに活性炭と集電極との間）の隙間部分の樹脂（あるいは電解液）が、導電性が高く粒径の小さい第2の物質によっていわば置換えられることになり、分極性電極の主成分である活性炭粒子が導電性の高い第2の物質で接続され、接触点（パス）を増やすことができ、内部抵抗を下げるのできるのである。

【0009】このとき、本発明者らの実験、研究によれば、活性炭粒子を細密充填した際に形成される隙間は、最大で活性炭の粒径の0.15倍程度である。従って、上記第2の物質としては、活性炭粒子の粒径の0.15倍以下の粒径の導電性粒子を採用することができる（請求項2の発明）。これにより、活性炭粒子の充填量を減らすことなく、活性炭粒子相互間の隙間を第2の物質（導電性粒子）で確実に埋めることができ、内部抵抗を下げるために効果的となる。尚、この場合の導電性粒子としては、ナノサイズのカーボンブラックや、導電性の高い金属ナノ粒子等を採用することができる。

【0010】また、この第2の物質としては、導電性の粒子に限らず、活性炭粒子の粒径の0.15倍以下の外径を有するカーボンナノチューブを採用したり（請求項3の発明）、活性炭粒子の粒径の0.15倍以下の太さで且つ分極性電極の層の厚みと同等以上の長さを有する導電性繊維を採用したりすることができる（請求項4の発明）。いずれも分極性電極の内部抵抗の低減の効果が優れるものとなる。特に、導電性繊維を採用する場合には、その長さを分極性電極の層の厚みと同等以上、より好ましくは2倍以上とすることにより、分極性電極の層の厚み方向における接触界面の数を減らすことができ、内部抵抗の低減効果に極めて優れるものとなる。

【0011】さらに、上記した活性炭粒子の表面を、該活性炭粒子よりも導電性の高い物質でコーティングする

## 4

ようにしても良い（請求項5の発明）。これによれば、活性炭粒子同士間、及び、活性炭粒子と第2の物質との間の接触抵抗を低減することができ、内部抵抗をより一層下げることができる。また、この種の電気二重層キャパシタにあっては、分極性電極がアルミ集電極に担持されることが一般的であるが、その際、アルミ集電極の担持面が粗面化处理されていると（請求項6の発明）、アルミ集電極と活性炭粒子（あるいは第2の物質）との接触面積（接触点の数）を大きくすることができ、内部抵抗の低減により効果的となる。

【0012】そして、本発明の請求項7の電気二重層キャパシタは、分極性電極の主体を、多孔質の板状活性炭から構成したところに特徴を有する。ここで、活性炭粒子をバインダーにより多数結合して分極性電極を構成する場合、活性炭粒子間に存在する薄い樹脂層あるいは電解液層のために電気抵抗が比較的大きくなってしまふ。これに対し、上記請求項7の発明では、板状の活性炭から分極性電極を構成したことにより、そのような界面が存在しなくなり、電気抵抗を大きく低減することが可能となる。

【0013】この場合、上記した多孔質の板状活性炭を、高分子膜を高分子部分溶解法により多孔質化し、その後炭化賦活して得たり（請求項8の発明）、2種類の高分子材料を攪拌ミクロ層分離した後、片方の樹脂を取除くことにより多孔質化し、しかる後に炭化賦活して得たり（請求項9の発明）、ブロック共重合体を用いて海島構造を形成し、その後片方の樹脂を取除くことにより多孔質化し、しかる後に炭化賦活して得たりすることができる（請求項10の発明）。いずれも、比較的簡単な方法で、分極性電極に採用するに適した多孔質の板状活性炭を得ることができる。

【0014】ところで、上記したような構成により、分極性電極の内部抵抗の低減を図ることができるのであるが、電気二重層キャパシタとしての内部抵抗に大きな影響を与えるものとして、リード（引出し線）の抵抗がある。特に分極性電極の層の数が多くなるほど、リードの本数も増えるためその抵抗が問題となり、電気二重層キャパシタを電力用途に用いる際には、リードを含めた内部抵抗を下げるのが重要となる。そこで、上記した請求項7～10のいずれかに記載の電気二重層キャパシタにあっては、多孔質の板状活性炭に、接続用のリード部を一体に形成することが可能である（請求項11の発明）。これにより、リード部分も含めた全体の内部抵抗の低減を図ることができる。

【0015】さらには、上記した各分極性電極を、アルミ集電極に対して、導電性接着剤を用いて接着する構成としても良く（請求項12の発明）、これにより、分極性電極とアルミ集電極とが接触する界面の接触抵抗を下げるのできる、内部抵抗の低減により効果的となる。

【0016】

10

20

30

40

50

## 5

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体化したいくつかの実施例について、図面を参照しながら説明する。

## (1) 第1の実施例

まず、図1ないし図4を参照しながら、本発明の第1の実施例（請求項1，2に対応）について述べる。

【0017】図1は、本実施例に係る電気二重層キャパシタにおける分極性電極1の固体構造を概略的に示している。図示はしないが、この電気二重層キャパシタは、活性炭を主成分とした正負一対の分極性電極1を、それらの間にセパレータを挟むと共に、外側を夫々アルミ集電極2により担持（裏打ち）させた状態で、積層（もしくは巻回）し、例えばプロピレンカーボネートを溶媒とした電解液を含浸させた状態で、金属等のケースに収納した構造とされている。

【0018】さて、前記分極性電極1は、活性炭粒子3を主成分とするのであるが、この活性炭粒子3を、導電性が活性炭より高く且つ大きさが活性炭粒子3よりも小さい第2の物質により、ネットワーク状に接続した固体構造を有している。本実施例では、前記第2の物質として、活性炭粒子3の粒径の0.15倍以下の粒径を有する導電性粒子であるナノサイズのカーボンブラック4（「ナノカーボンブラック4」と称する）を採用している。尚、この場合、ナノカーボンブラック4の粒子は、一次粒径が100nm以下であるが、凝集体を生成しており、この凝集体が活性炭粒子3の粒径の0.15倍以下の径とされている。また、本実施例では、活性炭粒子3の粒径は、約50 $\mu$ mとされている。

【0019】上記した分極性電極1は、例えば、活性炭粒子3とナノカーボンブラック4とを、バインダーとなる添加剤（樹脂）等と共に混合し、これをアルミ箔からなるアルミ集電極2にブレードを用いて塗布し、乾燥することにより得られ、その層の厚みが、例えば100 $\mu$ m程度とされている。

【0020】このような分極性電極1を有した本実施例の電気二重層キャパシタにおいては、内部抵抗を従来のものの1/2程度に低減させることができた。以下、その理由について考察する。即ち、活性炭粒子を樹脂中に分散した複合材料の電気抵抗は、活性炭の体積比率（充填量）に応じて変化するが、その関係は、図2に示すように、ある体積比率を越えると電気抵抗が急激に低下し（領域B）、更に活性炭粒子の充填量が大きくなると緩やかに低下するようになる（領域C）。この電気抵抗が緩やかに低下する領域Cにおいては、複合材料中で、活性炭の無限クラスターが形成され、ネットワーク（パルコレーションパス）ができるようになると考えられる。この領域Cは、活性炭が形成するパスの数によって電気抵抗が変化する領域である。

【0021】従って、活性炭粒子を主成分とした分極性電極にあって、電気抵抗を下げるにはパスを増やすことが重要となる。ところが、活性炭粒子はどうしても

## 6

ある程度の大きさの粒径を有し、活性炭粒子間の隙間に樹脂（バインダー）あるいは電解液といった導電性の低い物質が存在するため、体積中の活性炭粒子の充填量を多くしても、活性炭粒子相互間（並びに活性炭と集電極との間）の隙間が比較的大きくなり、パスは比較的数の少ない活性炭同士の点接触部分を通らざるを得なくなり、内部抵抗を十分低くすることはできないのである。

【0022】これに対し、本実施例の分極性電極1にあっては、活性炭粒子3相互間（並びに活性炭粒子3とアルミ集電極2との間）の隙間部分の樹脂（あるいは電解液）が、導電性が高く粒径の小さいナノカーボンブラック4によっていわば置換えられることになり、分極性電極1の主成分である活性炭粒子3がナノカーボンブラック4で接続され、接点（パス）を増やすことができ、内部抵抗を下げるができると考えられる。またこの場合、ナノカーボンブラック4が凝集体を生成しやすいことから、少ない量で上記隙間を通してクラスター成長することにより、内部抵抗の低減に優れた効果を発揮したものと考えられる。

【0023】ところで、この種の電気二重層キャパシタにおいては、活性炭の量によって静電容量が決まるため、活性炭粒子3の量を減らすことは特性上好ましくない。また、上述のように、第2の物質により活性炭粒子3相互間の隙間部分を埋めることによって内部抵抗の低減が図られることから、第2の物質が小さいほど抵抗を低くでき、この場合、第2の物質の大きさを、少なくとも活性炭粒子3よりも小さいものとする必要があると考えられる。本発明者らは、このことを例証するために、次のような試験を行った。

【0024】即ち、この試験は、活性炭粒子に替えて、抵抗のより高いアルミナ粒子を用い、また第2の物質としてナノカーボンブラックに替えて、四三酸化鉄を用い、樹脂中に粒径1 $\mu$ mのアルミナ及び粒径1 $\mu$ mの四三酸化鉄を分散させた試料、及び、樹脂中に粒径10 $\mu$ mのアルミナ及び粒径1 $\mu$ mの四三酸化鉄を分散させた試料について、その抵抗を測定することにより実施した。その結果を図3に示す。

【0025】この結果から、四三酸化鉄（第2の物質）の粒径をアルミナと同等の径としたものでは抵抗が高くなり、四三酸化鉄の粒径をアルミナの粒径より小さくすることによって抵抗を低くすることができる。これは、アルミナの粒径が四三酸化鉄の粒径に近くなると、アルミナが形成するネットワークの隙間が相対的に小さくなり、四三酸化鉄の粒子が細かい網目を通して導電パスを形成するようになるため、結果として、同量の四三酸化鉄をいれた場合、四三酸化鉄の導電パスが長くなり、抵抗が高くなるものと考えられる。

【0026】更に、本発明者らの実験、研究によれば、図4に示すように、アルミナ粒子5を細密充填した際に形成される隙間は、アルミナ粒径の0.15倍程度であ

る。従って、四三酸化鉄粒子 6 の粒径が、アルミナ粒子の 0.15 倍を越えると、四三酸化鉄粒子 6 がアルミナ粒子 5 の隙間を通ることができなくなり、電気抵抗が高くなる。つまり、四三酸化鉄粒子 6 の粒径をアルミナ粒子 5 の 0.15 倍以下とすることにより、アルミナ粒子 5 が細密充填された場合でも、電気抵抗を十分に低減することができるのである。

【0027】この実験は、アルミナ粒子 5 を活性炭粒子 3 に置換えても全く同様であり、従って、上記第 2 の物質として、活性炭粒子 3 の粒径の 0.15 倍以下の粒径の導電性粒子を採用すれば、活性炭粒子 3 の充填量を減らすことなく、活性炭粒子 3 相互間の隙間を第 2 の物質（導電性粒子）で確実に埋めることができ、内部抵抗を下げのために効果的となるのである。

【0028】尚、この場合の導電性粒子（第 2 の物質）としては、ナノサイズのカーボンブラック 4 に代えて、導電性の高い金属ナノ粒子等も採用することができる。また、図示及び詳しい説明は省略するが、第 2 の物質として、活性炭粒子の粒径の 0.15 倍以下の外径（例えば 30 nm）を有するカーボンナノチューブを採用しても良く（請求項 3 に対応）、これによっても、分極性電極の内部抵抗の低減の効果が優れるものとなる。

【0029】（2）第 2 の実施例

図 5 及び図 6 は、本発明の第 2 の実施例（請求項 4 に対応）を示している。この第 2 の実施例に係る電気二重層キャパシタも、図 5 に示すように、活性炭粒子 3 を主成分とし、アルミ集電極 2 に担持された分極性電極 11 を有しているのであるが、この実施例では、第 2 の物質として、導電性繊維であるステンレス繊維 12 を採用している。

【0030】このとき、ステンレス繊維 12 の太さ（径）は、活性炭粒子 3 の粒径の 0.15 倍以下であり、また長さは、分極性電極 11 の層の厚み（例えば 100  $\mu\text{m}$ ）と同等以上この場合 2 倍以上とされている。この分極性電極 11 についても、活性炭粒子 3 とステンレス繊維 12 とを、バインダーとなる添加剤（樹脂）等と共に混合（混練）し、これをアルミ箔からなるアルミ集電極 2 にブレードを用いて塗布し、乾燥することにより得られる。

【0031】かかる構成においては、分極性電極 11 に導電率が高く長いステンレス繊維 12 を混入したことにより、分極性電極 11 の層の厚み方向における接触界面の数を減らすことができ、内部抵抗の低減効果に極めて優れるものとなる。この場合、図 6 に示すように、活性炭粒子 3 が 6 層分積層された分極性電極 13 を考えると、活性炭粒子 3 の界面には、薄い樹脂層や電解液層が形成されており、厚み方向に電気を流す場合、少なくとも 7 個の界面を通して電流を流すことになるが、ステンレス繊維 12 を混入したことによって接触界面を 2 か所にすることができ、もって内部抵抗の大幅な低減を図る

ことができるのである。

【0032】ちなみに、本発明者らの試験によれば、本実施例の分極性電極 11 は、活性炭及びカーボンブラックを主成分とした従来の分極性電極に比較して、体積抵抗率を 0.2 倍（1/5）にすることができた。尚、導電性繊維としては、上記したステンレス繊維 12 の他にも、カーボンファイバーや、ニッケル繊維、アルミニウム繊維など様々なものを採用することができる。

【0033】（3）第 3 の実施例

図 7 は、本発明の第 3 の実施例（請求項 5 に対応）を示すものである。この実施例における分極性電極 14 は、やはり活性炭粒子 3 を主成分とするのであるが、ここでは、活性炭粒子 3 の表面に、導電性の高い物質例えば金のコーティング 15 が施されている。そして、第 2 の物質として、導電性の高い例えば粒径が 3 nm の金のナノ粒子（図示せず）が含まれている。

【0034】この分極性電極 14 を製作するにあたっては、予め金のコーティング 15 を施した活性炭粒子 3 と、金のナノ粒子とを混合攪拌すると共に、例えば約 300℃に加熱した。このとき、金属のナノ粒子は融点が低くなっているため、約 300℃で融解し、活性炭粒子 3 の金のコーティング 15 と結合するので、界面における接触抵抗を著しく低減することができ、ひいては、内部抵抗の大幅な低減を図ることができるのである。ちなみに、本実施例では、金のコーティング 15 を施さない場合と比較して、内部抵抗を約 1/3 に低減することができた。

【0035】（4）第 4 の実施例

図 8 は、本発明の第 4 の実施例（請求項 6 に対応）を示している。この実施例においては、活性炭粒子 3 を主成分とし第 2 の物質（図示せず）を含んだ分極性電極 16 が、アルミ集電極 17 に担持されているのであるが、そのアルミ集電極 17 の担持面（図で下面）が粗面化処理されていて微細な凹凸が形成されている。この粗面化処理の方法としては、物理的あるいは電気化学的なエッチングを採用することができる。

【0036】かかる構成においては、粗面化処理のない場合つまりアルミ集電極と粒子とが点接触する場合と比べて、活性炭粒子 3（あるいは第 2 の物質）とアルミ集電極 17 との接触面積を大きくすることができ、ひいては内部抵抗を低減することができる。ちなみに、本実施例では、粗面化処理のない場合と比べて、内部抵抗を約 1/2 に低減することができた。

【0037】（5）第 5 の実施例

図 9 は、本発明の第 5 の実施例（請求項 12 に対応）を示している。この実施例においては、活性炭粒子 3 を主成分とし第 2 の物質（図示せず）を含んだ分極性電極 18 を、アルミ集電極 19 に担持させるに際し、導電性接着剤 20 を用いて接着させるようにしている。これによれば、分極性電極 18 とアルミ集電極 19 との界面の抵

抗を低減することができ、内部抵抗を低減することができる。ちなみに、本実施例によれば、導電性接着剤 20 を用いない場合と比較して、約 2 割程度抵抗値を下げる事ができた。

#### 【0038】(6) 第 6 の実施例

図 10 は、本発明の第 6 の実施例（請求項 7～10 に対応）に係る電気二重層キャパシタの分極性電極 21 の構成を概略的（模式的）に示している。この分極性電極 21 は、多孔質の板状活性炭 22 を主体として構成され、該板状活性炭 22 はアルミ集電極 23 に接続されている。この場合、多孔質の板状活性炭 22 は、高分子膜（例えばポリイミド膜）を高分子部分溶解法により多孔質化して多孔質構造体（多孔質ポリイミド膜）を得、その後、その多孔質構造体を、例えば 2000℃ で黒鉛化し、更に水蒸気賦活処理することにより得ることができる。

【0039】なお、上記のような多孔質の板状活性炭 22 を製作する方法としては、2 種類の高分子材料を攪拌しマイクロ層分離した後、片方の樹脂を取除くことにより多孔質化して多孔質構造体を得、しかる後にその多孔質構造体を炭化賦活する方法や、ブロック共重合体を用いて海島構造を形成し、その後片方の樹脂を取除くことにより多孔質化して多孔質構造体を得、しかる後にその多孔質構造体を炭化賦活する方法がある。このような多孔質構造体を得る方法としては、本出願人の先の出願に係る特開 2001-151834 公報に詳しいので、詳細な説明を省略する。

【0040】このような本実施例の分極性電極 21 は、多孔質の板状活性炭 22 から構成されているので、活性炭粒子を用いた場合のような粒子間の界面が存在しなくなり、内部抵抗を大きく低減することができる。ちなみに、本発明者らの試験によれば、本実施例の分極性電極 21 は、活性炭及びカーボンブラックを主成分とした従来の分極性電極と比較して、体積抵抗率を約 1/10 にすることができた。

#### 【0041】(7) 第 7 の実施例

図 11 は、本発明の第 7 の実施例（請求項 11 に対応）を示すものである。この実施例における分極性電極 24 は、やはり多孔質の板状活性炭 25 から構成されるのであるが、ここでは、その板状活性炭 25 に、接続用のリード部 26 を一体に形成するようにしている。この場合、例えば予め大きい板状活性炭を形成しておき、その板状活性炭からの削出しにより、リード部 26 を一体に有した板状活性炭 25 を作製することができる。尚、本実施例では、分極性電極 24 にリード部 26 を一体に形成したことに伴い、アルミ集電極を省略している。

【0042】ここで、電気二重層キャパシタにあっては、リード（引出し線）の抵抗が内部抵抗に大きな影響を与えるものとなっており、特に分極性電極の層の数が多くなるほど、リードの本数も増えるためその抵抗が問

題となり、電力用途などに用いる際には、リードを含めた内部抵抗を下げる事が重要となる。本実施例においては、板状活性炭 25（分極性電極 24）に、接続用のリード部 26 を一体に形成したので、リード部分も含めた全体の内部抵抗の低減を図ることができる。ちなみに、この実施例によれば、全体の内部抵抗を、1 mΩ 以下とすることが可能となる。

【0043】尚、本発明は上記した各実施例に限定されるものではなく、例えば、第 3 の実施例の分極性電極 14 を第 4 の実施例のような粗面化処理されたアルミ集電極 17 に担持させるようにしたり、また、第 6 の実施例の分極性電極 21 を第 5 の実施例の導電性接着剤 20 を用いてアルミ集電極 23 に接着するといったように、上記した複数の実施例を組合せた構成としても良い等、要旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施し得るものである。

#### 【0044】

【発明の効果】以上の説明にて明らかなように、本発明の電気二重層キャパシタによれば、分極性電極を、主成分である活性炭粒子を導電性が活性炭より高く且つ大きさが活性炭粒子よりも小さい第 2 の物質でネットワーク状に接続した固体構造とした、あるいは、分極性電極を、多孔質の板状活性炭を主体として構成したので、内部抵抗の十分な低減を図ることができ、大電力の高速充放電に適したものとすることができるという優れた効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例を示すもので、分極性電極の固体構造を概略的に示す図

【図 2】活性炭粒子を樹脂中に分散した複合材料における活性炭の体積比率と電気抵抗との関係を示す図

【図 3】アルミナ及び四三酸化鉄を粒径を代えて分散させた 2 種類の試料の抵抗測定の結果を示す図

【図 4】アルミナ粒子を細密充填した際に形成される隙間の様子を示す図

【図 5】本発明の第 2 の実施例を示すもので、図 1 相当図

【図 6】活性炭粒子が 6 層分積層された分極性電極を示す図

【図 7】本発明の第 3 の実施例を示すもので、活性炭粒子の結合状態を模式的に示す図

【図 8】本発明の第 4 の実施例を示す図 1 相当図

【図 9】本発明の第 5 の実施例を示す図 1 相当図

【図 10】本発明の第 6 の実施例を示す図 1 相当図

【図 11】本発明の第 7 の実施例を示す図 1 相当図

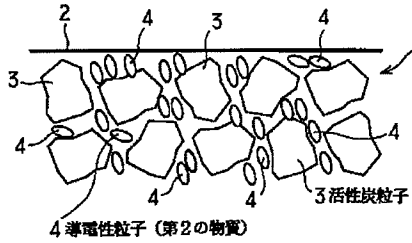
#### 【符号の説明】

図面中、1, 11, 14, 16, 18, 21, 24 は分極性電極、2, 17, 19, 23 はアルミ集電極、3 は活性炭粒子、4 はナノカーボンブラック（第 2 の物質、導電性粒子）、12 はステンレス繊維（第 2 の物質、導

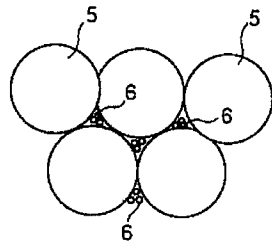
電性繊維)、15はコーティング、20は導電性接着

剤、22、25は板状活性炭、26はリード部を示す。

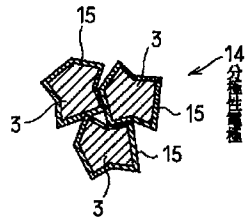
【図1】



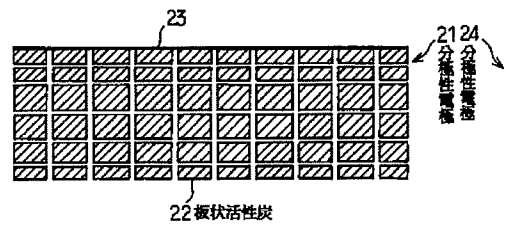
【図4】



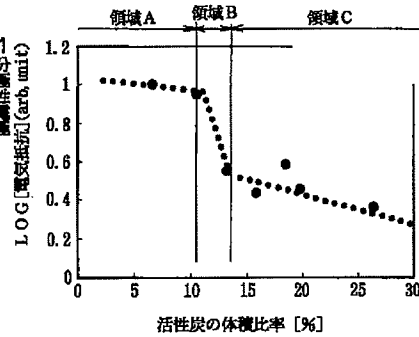
【図7】



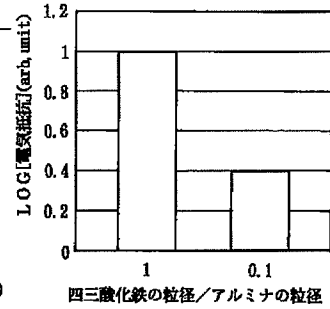
【図10】



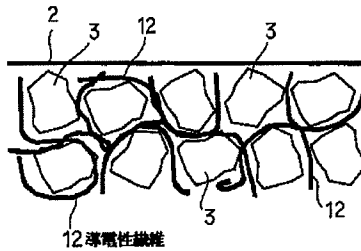
【図2】



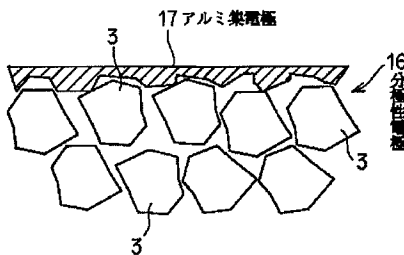
【図3】



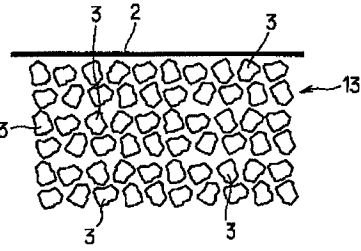
【図5】



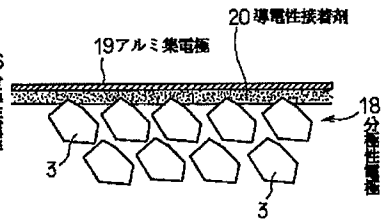
【図8】



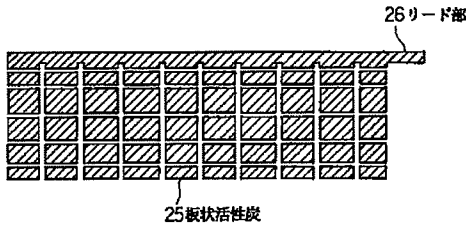
【図6】



【図9】



【図11】



## フロントページの続き

(72)発明者 井田 貞夫  
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝  
府中事業所内  
(72)発明者 梅村 時博  
三重県三重郡朝日町大字縄生2121番地 株  
式会社東芝三重工場内

(72)発明者 中島 和弘  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
東芝本社事務所内  
(72)発明者 田中 秀樹  
東京都府中市晴見町二丁目24番1号 東芝  
アイティイー・コントロールシステム株式会  
社内